

Purifikasi Biogas Sistem Kontinyu Menggunakan Zeolit

Sugiarto, Tjuk Oerbandono, Denny Widhiyanuriyawan, Faruq Syah Permana Putra

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: sugik_mlg@yahoo.co.id

Abstract

The continued development of the technology industry and the rapid depletion of petroleum energy the need for alternative sources of renewable energy to be a very important consideration. Biogas is a renewable energy that has great potential as an alternative energy. The content consists of CH₄ biogas as fuel around 50-80% and CO₂ as an impurity around 27-45%. With the CO₂ gas can affect the purity of CH₄ in biogas womb. Therefore, to get the maximum quality of biogas purification necessary. The research was done by making purification equipment (purifier) with zeolite granular solid filler mounted on a biogas digester system continue. Purification processes varying on zeolite layer that fills the purifier is 1, 2, 3, 4, and 5 layer. All walks take a purification process for 60 minutes and observed every 15 minutes. The results showed that the increasing time between biogas purification with zeolite, the CO₂ levels tend to decline with the lowest percentage of 21.3% and CH₄ levels increase with the highest percentage of 74.7%. This is due to the increasing time of purification, CO₂ absorbed in the zeolite structure more and more. So with the absorption of CO₂ by the zeolite, the resulting levels of CH₄ has increased. In addition to the greater number of zeolite layers become increasingly declining CO₂ and CH₄ levels increase. This is because the more the number of layers of filler, wide contact area between the biogas by zeolite increasingly large that CO₂ is absorbed by the zeolite increased.

Keywords: Zeolite, CO₂, CH₄, purification, biogas continuous system.

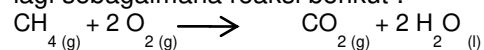
Latar Belakang Masalah

Ketersediaan bahan bakar fosil sebagai pemasok utama sumber energi nasional semakin mahal dan terbatas. Untuk menjaga ketahanan energi nasional perlu dipikirkan pengembangan bahan bakar alternatif yang murah, mudah dalam pengadaan, hemat serta dapat diproduksi secara massal (*mass product*), termasuk dalam skala rumah tangga. Biogas adalah bahan bakar yang murah lagi ramah lingkungan, karena biogas diolah dari limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran ternak dan limbah industri makanan. Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku biogas tentu akan memberikan efek ganda dalam menyediakan energi yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan dan dapat menciptakan lingkungan peternakan yang lebih bersih dan sehat.

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri

Methanobacterium sp. Dalam proses tersebut dihasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (memiliki sifat mudah terbakar), karbon dioksida dan dalam prosentase yang lebih kecil berupa gas H₂S, N₂, H₂ dan O₂.

Dalam proses pembakaran, gas-gas selain metana (CH₄) tersebut akan menurunkan nilai kalor biogas dan efisiensi pembakarannya. Sehingga untuk mendapatkan nilai kalor yang lebih besar dari biogas harus memaksimalkan prosentase gas metana (CH₄) dengan jalan menurunkan gas lain utamanya CO₂ karena kandungannya paling besar setelah CH₄. Gas CO₂ akan merugikan pada proses pembakaran, karena dalam reaksi pembakaran CO₂ merupakan gas hasil reaksi pembakaran yang tidak bisa terbakar lagi sebagaimana reaksi berikut :



Zeolit adalah bahan yang mudah mengikat CO₂ yang terkandung dalam biogas sehingga sangat cocok digunakan dalam proses pemurnian biogas. Berangkat dari permasalahan tersebut, maka perlu

kiranya dilakukan penelitian tentang efektifitas penggunaan zeolit sebagai pengikat CO₂ dalam upaya pemurnian biogas.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran secara real tentang efektifitas pemurnian kadar CO₂ dalam biogas menggunakan zeolit sebagai bahan pemurni biogas. Dengan mengetahui tingkat efektifitas zeolit dalam mengikat CO₂ maka dapat dijadikan dasar dalam upaya meningkatkan nilai kalor bahan bakar biogas atau upaya meningkatkan efisiensi pembakaran menggunakan bahan bakar biogas. Kajian eksperimental ini diharapkan dapat menghasilkan data-data yang akurat, yang akan dijadikan dasar untuk mendapatkan kualitas bahan bakar biogas yang memiliki nilai kalor dan efisiensi pembakaran yang tinggi.

Rumusan Masalah

Berangkat dari latar belakang permasalahan yang ada, selanjutnya dirumuskan permasalahan yang akan diteliti yaitu :Bagaimanakah pengaruh proses purifikasi sistem kontinyu menggunakan zeolit terhadap prosentase CH₄ dan CO₂ dalam biogas.

STUDI PUSTAKA

Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang pemisahan gas menggunakan zeolit telah dilakukan oleh Zhen dkk. (2005) yaitu pengujian permeasi gas yang dilakukan terhadap 2 variasi jenis membran yaitu *Polyethersulfone* (PES) murni dengan PES *Microsized zeolite-A* (M-A) dan *Nanosized zeolite-A* (N-A) pada 35 °C terhadap gas murni dari He, H₂, N₂, O₂, CO₂ dan CH₄. Studi yang dilakukan Zhen dkk. (2005) untuk mempelajari sifat interaksi permukaan diantara polimer dengan zeolit. Perbedaan PES – zeolit M-A dengan PES – zeolit N-A yaitu hanya pada ukurannya, dengan jenis zeolit A. Pada eksperimen permeasi gas dengan MMMs terhadap 6 jenis gas menunjukkan hasil bahwa selektifitas dari zeolit 4A/PES MMMs untuk pasangan gas He/N₂, H₂/N₂, He/CO₂, dan H₂/CO₂ terjadi peningkatan secara signifikan jika dibandingkan terhadap membran PES murni. Untuk

permeasi selektifitas gas terjadi peningkatan untuk nanostruktur membran PES, sebagai hasil yang terbentuk dari nanokristal zeolit 4A. Untuk hasil permeabilitas dari zeolit 4A – PES MMMs untuk semua gas terjadi penurunan.

Penelitian tentang absorpsi gas karbondioksida (CO₂) dalam biogas dengan larutan NaOH secara kontinyu. Laju aliran NaOH divariasikan 1,12 ml/s; 2,75 ml/s; 4,25 ml/s; 5,67 ml/s; 7,625 ml/s. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan semakin besar laju aliran NaOH, menyebabkan CO₂ yang terserap dan CH₄ yang termurnikan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin besar laju alir NaOH, waktu kontak antara NaOH dengan CO₂ untuk jumlah molekul yang sama akan semakin kecil sehingga jumlah CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan juga sediki, [1].

Penelitian berjudul “*Zeolit Lokal Gunungkidul sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Listrik*” memanfaatkan instalasi biogas tipe *floating roof* dengan penampung gas berbahan *fiber glass*, dengan kapasitas 10m³, tekanan biogas 4 – 6 cmH₂O, dan kadar metana dalam biogas rata – rata 62,5 % [2]. Material penyerap berbasis zeolit lokal berbentuk serbuk dengan merubah bentuknya menjadi pelet dengan menambahkan beberapa material lain yaitu bentonit lokal Boyolali, kaolin lokal Semin - Gunungkidul, gamping, tapioka atau kanji dan kitosan cair (konsentrasi 1%) dilakukan secara manual. Sedangkan penambahan basa kuat (NaOH 5 mol), dilakukan untuk zeolit lokal berbentuk kerikil (5 – 10 mesh) sebagai pembanding dengan cara perendaman. Material penyerap hasil modifikasi tersebut dimasukkan ke dalam alat filter biogas kemudian dipasang diantara instalasi biogas dan generator listrik biogas untuk meningkatkan kadar metananya. Material penyerap diisikan ke dalam alat filter biogas secara bergantian selama 30 menit. Masing – masing material filter tersebut diujicobakan untuk menyalakan generator biogas 700 W dengan beban alat gerinda listrik 670 W, kemudian diambil data tegangan dan arus listrik. Hasilnya adalah modifikasi material

yang dapat menghasilkan daya listrik > 200 watt adalah zeolit bentuk pelet dengan modifikasi material tapioka/kanji, kaolin Semin – Gunungkidul dan bentonit Boyolali. Daya listrik yang tinggi tersebut memiliki korelasi dengan kadar metana biogas yang dipergunakan sebagai bahan bakar, karena variabel selain kadar metana biogas dapat diasumsikan sama dalam aplikasi masing – masing modifikasi zeolit sebagai material penyerap. Apabila kadar metana biogas yang dihasilkan oleh penyerapan material dalam alat filter biogas tinggi, maka daya listrik yang dihasilkan juga tinggi dan begitu juga sebaliknya.

Biogas

Biogas adalah campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (*anaerobic process*). Atau biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana seperti *Methanobacterium sp.* Gas yang dihasilkan adalah gas metana (CH_4), gas karbon dioksida (CO_2), gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2) dan gas hidrogen sulfida (H_2S). Biogas termasuk jenis bahan bakar gas yang mempunyai keuntungan bila digunakan dalam pembakaran seperti:

- Bebas dari unsur-unsur pengotor.

- Kondisi pembakaran mudah diatur.
- Lebih mudah disalurkan dalam pipa-pipa (saluran).
- Mampu menghasilkan efisiensi tinggi, karena kelebihan udara yang digunakan biasanya sedikit karena udara dan bahan bakar langsung bercampur dan terbakar.

Proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh keberadaan jenis mikroba dan kondisi fermentasi anaerobik. Jenis mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi anaerobik ini adalah bakteri methanogen. Pertumbuhan bakteri methanogen ini akan terhambat dalam konsentrasi oksigen terlarut 0,01 mg/L, sehingga kondisi proses tidak memperbolehkan adanya oksigen. Bakteri ini banyak ditemukan di dalam feses sapi, dasar danau, dan perairan payau.

Potensi biogas yang bisa dihasilkan tergantung dari bahan yang dipakai untuk menghasilkan biogas. Biogas adalah gas yang dapat dihasilkan dari fermentasi feces (kotoran) ternak, misalnya sapi, kerbau, kuda, babi, dll dalam suatu ruangan yang disebut "digester". Prinsip kerja pembentukan biogas adalah pengumpulan feces ternak ke dalam suatu tangki kedap udara yang disebut "digester" (pencerna). Didalam digester tersebut kotoran dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang menghasilkan gas methan serta gas-gas lain seperti pada tabel 1 di bawah.

menimbulkan tekanan sehingga dapat disalurkan ke rumah melalui pipa. Gas yang dihasilkan tersebut dapat dipakai untuk memasak dengan menggunakan kompor gas atau untuk penerangan dengan mengubah lampu petromaks sesuai dengan type bakar gas tadi. Gas yang dihasilkan ini sangat baik untuk pembakaran karena mampu menghasilkan panas yang cukup tinggi, apinya berwarna biru, tidak berbau dan tidak berasap sehingga kebersihan rumah tetap terjaga.

Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat terhidrasi dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, zeolit memiliki molekuler struktur atom system dikelilingi oleh 4 atom oksigen

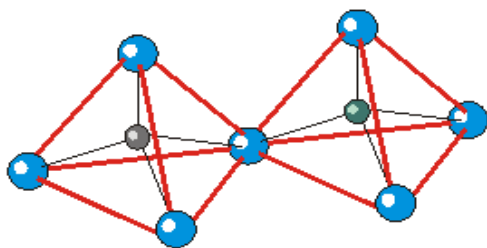
Tabel 1. Komponen-komponen biogas [3]

No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Gas Methan	CH_4	54 % - 70 %
2	Karbon dioksida	CO_2	27 % - 45 %
3	Nitrogen	N_2	3 % - 5 %
4	Hidrogen	H_2	1 % - 0 %
5	Karbon monoksida	CO	0.1 %
6	Oksigen	O_2	0.1 %
7	Hidrogen sulfida	H_2S	sedikit

Gas yang timbul dari proses ini kemudian ditampung di dalam digester. Penumpukan produksi gas akan

sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom ystem digantikan dengan atom Aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom Oksigen. Atom Aluminium ini hanya memiliki muatan 3^+ , sedangkan ystem sendiri memiliki muatan 4^+ . Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan ystem. Muatan ystem inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Zeolit juga sering disebut sebagai 'molecular sieve' atau 'molecular mesh' (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori – pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel ystem $M_2/nO \cdot Al_2O_3 \cdot a SiO_2 \cdot b H_2O$ atau $Mc/n \{ (AlO_2)_c (SiO_2)_d \} \cdot b H_2O$. Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah jumlah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah ystem al alumina dan ystem. Rasio d/c atau SiO_2/Al_2O_3 bervariasi dari 1-5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur ystem zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk ystem al (TO_4) disebut Unit Bangun Primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tetrahedra alumina dan ystem (TO_4) pada struktur zeolit

Sumber :

<http://www.batan.go.id/ptlr/11id/?q=content/potensi-zeolit-untuk-mengolah-limbah-industri-dan-radioaktif>

Bila ditinjau dari sisi struktur, zeolit merupakan senyawa aluminosilikat dengan klasifikasi sebagai berikut :

1. $[AlO_4]^-$ dan $[SiO_4]^-$ saling berhubungan pada sudut-sudut tetrahedralnya membentuk Al, Si *framework* 3D yang berpori.
2. Muatan pada *framework* dinetralkan dengan mengikat kation-kation monovalen atau divalen di dalam porinya.
3. Memiliki kemampuan sebagai penukar kation.
4. Mengikat molekul air di dalam porinya.

Zeolit dengan struktur *framework* mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion atau molekul (*molecular sieving*). Bila atom Al dinetralkan dengan ion polivalen, misalnya logam Pt atau Cu, zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi-reaksi kimia.

Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia pemasarannya masih dalam bentuk alam terutama untuk pemupukan bidang pertanian. Selain itu zeolit juga digunakan dalam proses penyerapan gas seperti :

- gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He.
- gas rumah kaca (NH_3 , CO_2 , SO_2 , SO_3 dan NO_x).
- gas organik CS_2 , CH_4 , CH_3CN , CH_3OH , termasuk pirogas dan fraksi etana/etilen.
- pemurnian udara bersih mengandung O_2 .
- penyerapan gas N_2 dari udara sehingga meningkatkan kemurnian O_2 di udara,
- campuran filter pada rokok,
- penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula.

Pemurnian Biogas Menggunakan Zeolit

Zeolit pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} atau Mg^{2+} sedangkan zeolit sintetis biasanya hanya mengandung kation-kation K^+ atau Na^+ . Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun

sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah system mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400 °C dengan udara panas atau dengan system vakum untuk melepaskan molekul air. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan Na₂EDTA atau asam-asam anorganik seperti HF, HCl dan H₂SO₄ untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori.

Pemisahan kandungan CO₂ dalam biogas dapat dilakukan dengan menggunakan zeolit karena zeolit memiliki pori – pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Pemisahan kandungan CO₂ dalam biogas dilakukan dengan mengalirkan biogas kedalam *purifier* yang didalamnya terdapat zeolit. Zeolit tersebut akan mengabsorpsi gas CO₂ yang melewati alat *purifier*.

Hipotesis

Lapis zeolit padat yang semakin banyak pada *purifier* akan memperluas bidang kontak terhadap CO₂, sehingga semakin banyak CO₂ yang terabsorpsi atau terikat oleh *purifier* sehingga kadar CO₂ dalam biogas pasca pemurnian akan semakin rendah dan kadar CH₄ dalam biogas semakin tinggi. Sedangkan waktu absorpsi yang semakin lama akan menyebabkan kejenuhan pada bahan *purifier* (zeolit) yang pada batas tertentu dapat menurunkan kemampuan absorpsi bahan *purifier* terhadap CO₂.

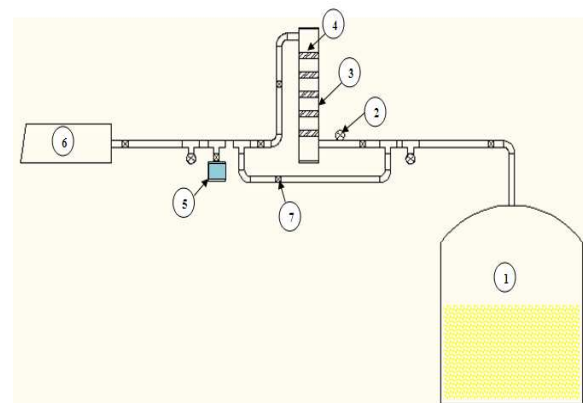
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan langsung kemampuan penyerapan zeolit terhadap CO₂ yang terkandung pada biogas, dengan menggunakan system kontinyu. Dari penelitian ini akan didapatkan karakteristik daya serap zeolit terhadap gas CO₂ yang terkandung dalam biogas tersebut. Kandungan biogas diuji dengan biogas *analyzer*.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain variabel bebas berupa jumlah lapisan absorber zeolit pada *purifier* 1; 2; 3; 4 dan 5 lapis dan waktu pemurnian divariasikan 15; 30; 45 dan 60 menit. Sedangkan variabel terkontrol antara lain tekanan masuk biogas pada *purifier* sebesar 15 cmH₂O dan massa zeolit setiap lapis 150 gram. Sedangkan variabel terikat yang diamati adalah prosentase kandungan biogas (CH₄; CO₂) sebelum dan pasca purifikasi.

Pengambilan Data

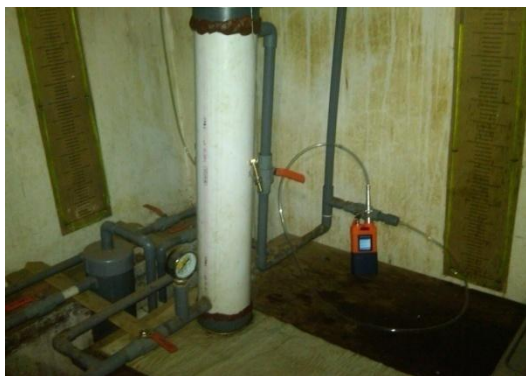
Penelitian dilakukan di Laboratorium Lapangan Biogas milik BPP Fakultas Teknik di desa Tegalweru kecamatan Dau Kabupaten Malang, dengan skema instalasi penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut :



Gambar 2. Skema Instalasi Penelitian.

Keterangan Gambar :

1. Digester biogas.
2. Pengukur tekanan.
3. Alat purifikasi
4. Zeolit
5. Gas detector.
6. Kompor
7. Katup



Gambar 3 Instalasi Penelitian.

Agar mendapat data dari penelitian ini, pertama yang dilakukan adalah mengisi alat purifikasi dengan zeolit dan menyesuaikan tekanan biogas yang akan melewati alat purifikasi yaitu sebesar 15 cmH₂O. Setelah itu menunggu sampai variasi waktu yang ditentukan yaitu selama 15; 30; 45; 60 menit. Pada setiap 15 menit tersebut dilakukan pengamatan biogas menggunakan *gas detector* dan *star gas*. Dari alat ini akan didapat persentase antara gas CO₂ dan CH₄ dari biogas. Dengan cara yang sama pengamatan juga dilakukan terhadap variasi lapisan zeolit yaitu pada 1; 2; 3; 4; 5 lapisan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Purifikasi Biogas Menggunakan Zeolit

Data prosentase kandungan CO₂ dan CH₄ dalam biogas tanpa mengalami purifikasi ditampilkan dalam tabel 2. berikut: Tabel 2. Data kandungan biogas tanpa purifikasi

Gas	Percobaan			Rata-rata (%)
	1	2	3	
CH ₄	47.5	48.9	43.9	46.8
CO ₂	43.7	45.6	41.1	43,5

Sedangkan data rata-rata kandungan CO₂ dan CH₄ dalam biogas pasca purifikasi ditampilkan dalam tabel 3 dan 4 berikut.

Tabel 3 Data rata-rata kadar CO₂ dalam biogas pasca purifikasi

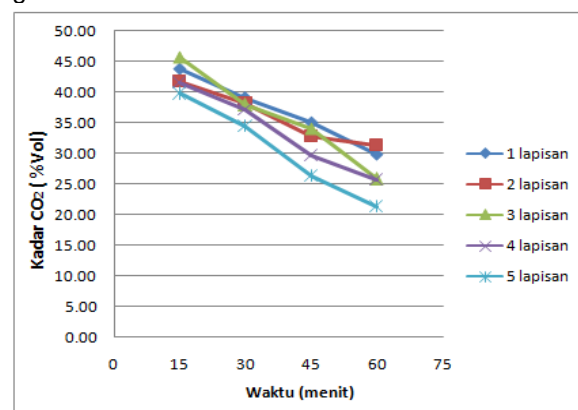
Lapisan Zeolit	CO ₂ (%) Sesudah Purifikasi			
	menit 15	menit 30	menit 45	menit 60
1	43.80	38.90	35.10	29.80
2	41.70	38.20	32.80	31.30
3	45.70	37.90	34.10	25.80
4	41.60	37.10	29.60	25.70
5	39.80	34.50	26.30	21.30

Tabel 4. Data rata-rata kadar CH₄ dalam biogas pasca purifikasi

Lapisan Zeolit	CH ₄ (%) Sesudah Purifikasi			
	menit 15	menit 30	menit 45	menit 60
1	51,30	54,80	60,20	61,70
2	49,20	54,10	57,90	63,20
3	47,30	55,10	58,90	67,20
4	51,40	55,90	63,40	67,30
5	53,20	58,50	66,70	74,70

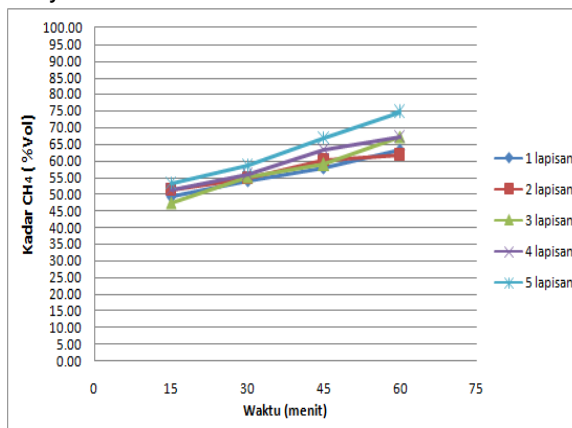
Analisis grafik hasil pengolahan data

Dari data pada tabel 3 selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara waktu purifikasi terhadap kadar CO₂ dalam biogas dalam berbagai lapisan absorber zeolit sebagaimana gambar 4.

Gambar 4. Grafik pengaruh waktu purifikasi dalam berbagai lapis absorber zeolit terhadap kadar CO₂

Dari gambar 4 tersebut diketahui bahwa dengan semakin lama waktu kontak antara zeolit dan biogas pada berbagai

variasi lapis *absorber* zeolit menyebabkan kandungan CO_2 dalam biogas semakin menurun. Lapisan *absorber* dan waktu purifikasi paling efektif *mengabsorpsi* CO_2 pada purifikasi biogas menggunakan zeolit dalam penelitian ini dihasilkan oleh 5 lapis *absorber* dengan waktu 60 menit sebesar 21,3 % CO_2 . Dalam proses ini kandungan CO_2 turun dari rata-rata 43,5 % (tanpa purifikasi tabel 3) menjadi 21,3 % pasca purifikasi 5 lapis *absorber* zeolit dan waktu purifikasi 60 menit. Penurunan kadar CO_2 dalam biogas pasca purifikasi terhadap waktu disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara zeolit dan biogas menyebabkan absorpsi CO_2 juga semakin banyak.



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu purifikasi dalam berbagai lapis absorber zeolit terhadap kadar CH_4

Sedangkan untuk kadar gas CH_4 kecenderungannya meningkat dengan waktu purifikasi yang semakin lama dan jumlah lapis *absorber* yang semakin banyak. Kadar CH_4 tertinggi yang dihasilkan pada proses purifikasi menggunakan zeolit dalam penelitian ini sebesar 74,70% yang diperoleh pada menit ke 60 dengan 5 lapis *absorber* zeolit. Dalam proses ini kandungan CH_4 meningkat dari rata-rata 46,8 % (tanpa purifikasi tabel 4.1) menjadi 74,70 % pasca purifikasi 5 lapis *absorber* zeolit dan waktu purifikasi 60 menit. Kecenderungan meningkatnya kadar CH_4 ini disebabkan karena semakin banyak jumlah lapisan zeolit, membuat luas bidang kontak antara zeolit dan biogas semakin besar, sehingga

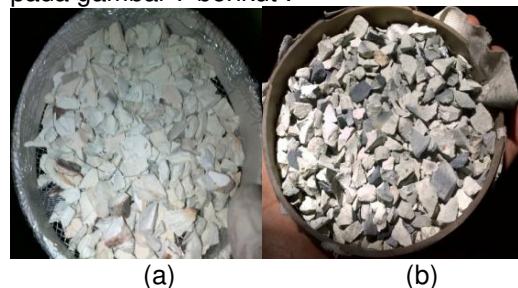
gas CO_2 yang terabsorpsi juga semakin banyak.

Dalam proses purifikasi ini, gas CO_2 terabsorpsi dalam zeolit menempati rongga-rongga porous dalam zeolit sehingga tidak menimbulkan reaksi penguapan zeolit yang berdampak pada perubahan warna nyala api. Karena terbukti nyala api biogas pasca purifikasi zeolit tetap berwarna biru sebagaimana gambar 6. Dengan melihat kecenderungan grafik pada gambar 4 dan 5 dapat diprediksikan bahwa, pada kenaikan lapis dan kenaikan waktu purifikasi sampai batas tertentu akan terjadi kejenuhan absorpsi CO_2 oleh zeolit. Dan jika sudah terjadi kejenuhan maka zeolit dalam *purifier* harus diganti untuk mengefektifkan proses purifikasi lebih lanjut.



Gambar 6. Warna api biogas yang terbakar pasca purifikasi menggunakan zeolit

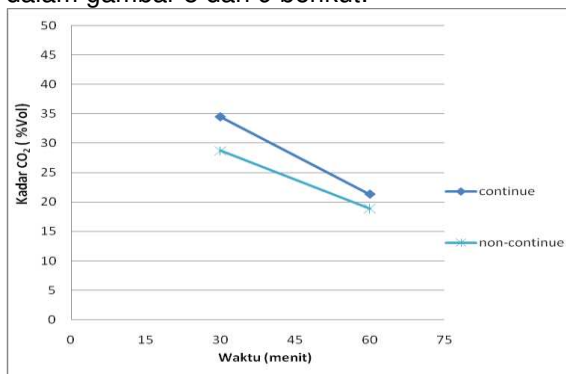
Selain dari data dan grafik di atas, terjadinya penyerapan CO_2 juga ditunjukkan oleh perubahan warna zeolit pasca purifikasi. Zeolit yang sudah digunakan untuk purifikasi warnanya cenderung lebih gelap kehitam-hitaman, seperti yang terlihat pada gambar 7 berikut :



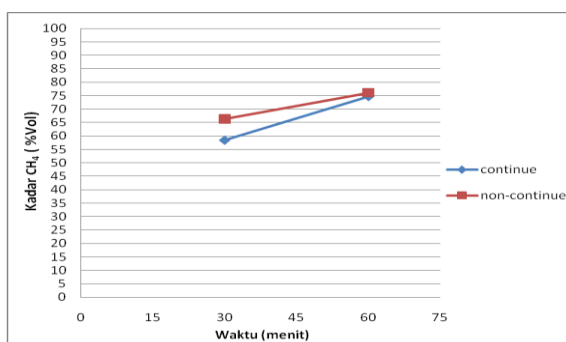
Gambar 7. (a) Warna zeolit sebelum purifikasi (kuning kehijauan), (b) Warna

zeolit sesudah purifikasi (abu-abu kehitaman)

Dalam penelitian ini juga dibandingkan antara purifikasi sistem kontinyu dan non-kontinyu untuk 5 lapis *absorber* dengan waktu purifikasi 30 menit dan 60 menit. Purifikasi kontinyu adalah proses purifikasi, dimana biogas mengalir melewati *purifier* secara terus menerus tanpa berhenti, yang selanjutnya dilakukan pengukuran kadar CH_4 dan CO_2 pasca purifikasi. Sedangkan purifikasi non-kontinyu terjadi apabila dalam proses purifikasi, biogas dan bahan *purifier* ditempatkan atau dicampurkan dalam suatu wadah tanpa ada aliran biogas lebih lanjut dan dibiarkan beberapa waktu yang selanjutnya dilakukan pengukuran kadar CH_4 dan CO_2 pasca purifikasi. Hasil perbandingan antara proses purifikasi kontinyu dan non-kontinyu ditampilkan dalam gambar 8 dan 9 berikut:



Gambar 8. Grafik perbandingan kadar CO_2 antara purifikasi kontinyu dan non-kontinyu dengan 5 lapis absorber zeolit.



Gambar 9. Grafik perbandingan kadar CH_4 antara purifikasi kontinyu dan non-kontinyu dengan 5 lapis absorber zeolit

Dari grafik 8 dan 9 tersebut tampak bahwa waktu purifikasi yang semakin lama menyebabkan absorpsi zeolit terhadap CO_2 semakin besar dan prosentase CH_4 dalam biogas semakin meningkat. Kandungan CH_4 dalam biogas hasil purifikasi non-kontinyu lebih kecil dibandingkan hasil purifikasi kontinyu. Ini mengartikan bahwa dalam waktu purifikasi yang sama, penyerapan CO_2 melalui purifikasi non-kontinyu lebih efektif dibandingkan penyerapan CO_2 melalui purifikasi kontinyu. Tetapi kekurangan proses purifikasi non kontinyu adalah biogas tidak dialirkan secara terus menerus melalui *purifier*, tetapi dihentikan dulu beberapa waktu dalam *purifier* sehingga kapasitas prosesnya lebih kecil. Dalam purifikasi non-kontinyu, proses purifikasi berlangsung dengan waktu kontak antara biogas dan zeolit lebih lama yang menyebabkan proses absorpsi CO_2 oleh zeolit lebih banyak. Sementara pada sistem kontinyu biogas mengalir melalui *purifier* secara terus menerus, sehingga waktu kontak biogas dengan zeolit lebih singkat dan waktu absorpsi CO_2 oleh zeolit juga lebih pendek sehingga jumlah CO_2 yang terabsorpsi lebih sedikit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisis data dan pembahasan selanjutnya dapat diambil kesimpulan bahwa: Waktu purifikasi yang semakin lama dari 15 menit sampai 60 menit dan jumlah lapis *absorber* zeolit yang semakin banyak yaitu 1 sampai 5 lapis menyebabkan prosentase CO_2 dalam biogas semakin menurun dan prosentase CH_4 dalam biogas semakin meningkat. Rata-rata kandungan CO_2 terendah adalah 21,3%, sedangkan rata-rata kandungan CH_4 tertinggi sebesar 74,70% yang didapatkan pada purifikasi dengan jumlah *absorber* zeolit 5 lapis dan waktu purifikasi 60 menit. Dari perbandingan antara purifikasi sistem kontinyu dan non-kontinyu adalah bahwa, purifikasi sistem non kontinyu menghasilkan penurunan kadar CO_2 yang lebih efektif dan peningkatan kadar CH_4 yang lebih tinggi dari pada sistem kontinyu. Kekurangan sistem purifikasi non kontinyu adalah kapasitas

purifikasi biogas yang rendah karena biogas tidak dialirkan terus-menerus.

Saran

Berdasarkan beberapa kejadian dan penemuan masalah selama penelitian maka dalam kesempatan ini disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan antara lain :

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjut tentang upaya memperpendek dan meningkatkan kemampuan absorpsi zeolit terhadap CO₂ pada purifikasi biogas sistem kontinyu sehingga kadar CO₂ pasca purifikasi mendekati 0 %.
2. Dapat dicoba penelitian lebih lanjut untuk menggabungkan metode pemurnian biogas menggunakan zeolit secara kontinyu dan non kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Maarif, Fuad dan Arif F, Januar. 2008. *Absorpsi Gas Karbondioksida (CO₂) Dalam Biogas dengan Larutan NaOH Secara Kontinyu*. Semarang: Universitas Diponegoro.<http://www.scribd.com/doc/25887580/>. (diakses 15 Mei 2011)
- [2]. Satriyo Krido Wahono, 2010, *Zeolit Lokal Gunungkidul sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Listrik*. Yogyakarta.
- [3]. SK. Wahono, dkk. 2010. *Zeolit Lokal Gunung kidul sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Listrik*. Yogyakarta.

